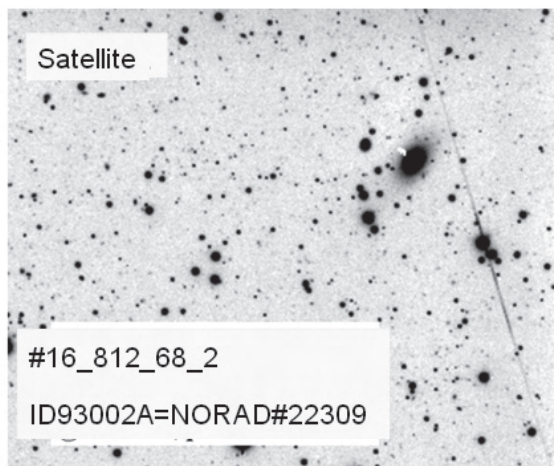
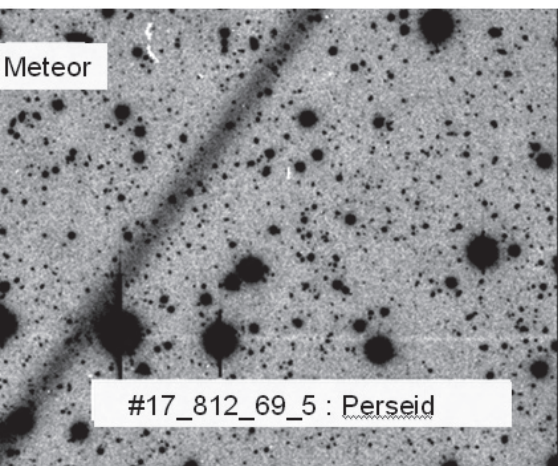


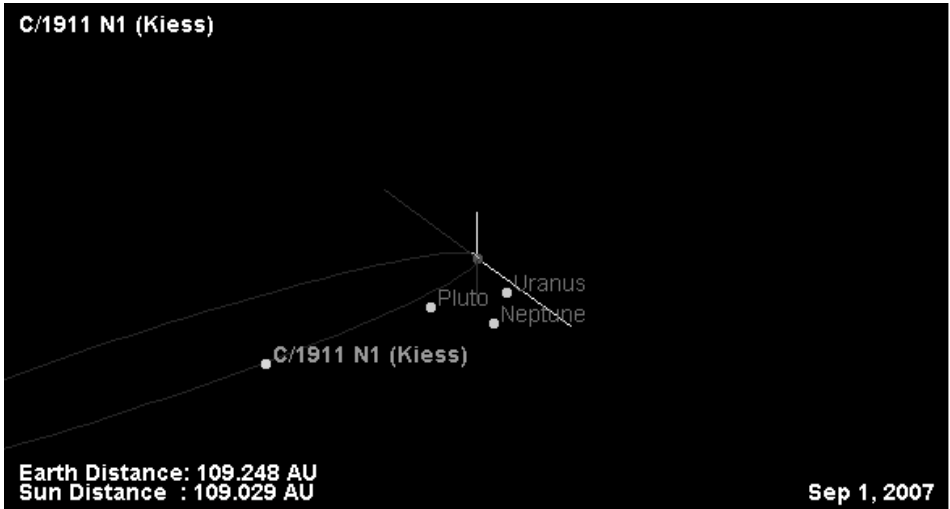
# L'astronomie dans le monde

## Etoiles filantes

La trace laissée dans l'atmosphère par une étoile filante est très fine, généralement pas plus de quelques millimètres. Ce sont des images prises par le télescope Subaru durant un maximum des Perséides qui ont permis cette estimation. Du 12 au 15 août, les astronomes étudiaient la galaxie d'Andromède M31, non loin du radiant de l'essaim. En un total de 19 heures de poses, pas moins de 13 traces d'étoiles filantes ont été enregistrées

*Images d'une étoile filante (à gauche) et d'un satellite artificiel obtenues avec le télescope Subaru. Bien réglé sur l'infini, le télescope défocalise beaucoup plus les météorites qui ne sont qu'à une centaine de kilomètres que les satellites qui passent généralement entre 500 et 20 000 kilomètres. Ceux-ci montrent souvent des variations périodiques trahissant leur rotation. (Les flèches représentent 5 minutes d'arc).*





dont, curieusement, une seule des Perséides. Une trace était due à une Aquaride et les autres essentiellement à des météorites sporadiques.

En pénétrant l'atmosphère la météorite creuse un long tunnel, bousculant tous les atomes qu'elle trouve sur son passage. Les atomes sont excités dans des niveaux d'énergie élevés avant de retomber rapidement dans leur état normal par émission de photons. L'intensité du rayonnement émis par les atomes peut être estimée à partir des images et, connaissant la densité de l'atmosphère en altitude, les scientifiques ont pu déduire le volume où les atomes étaient affectés par collision. Ils arrivent ainsi à un diamètre de quelques millimètres, alors que les météorites responsables avaient, quant à elles, des dimensions de l'ordre de 0,1 à 1 mm.

## Aurigides

Conformément aux prédictions assez hardies des théoriciens, les étoiles filantes de l'essaim des Aurigides ont montré une activité aussi brève que spectaculaire le 1 septembre vers 11 h 30 TU. Malheureusement pour nous, le show était donc réservé à d'autres contrées.

Les Aurigides sont un essaim habituellement assez discret, associé à la comète

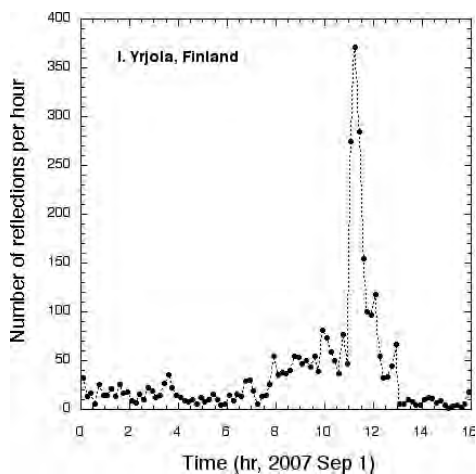
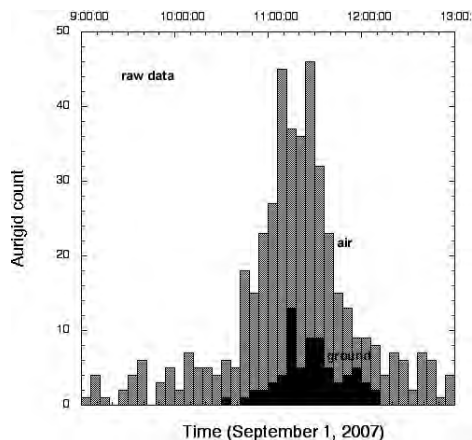
*La comète Kiess, responsable des alpha-aurigides, se trouve actuellement à plus de 100 unités astronomiques du Soleil.*

Kiess (C/1911 N1). Chaque année, à la même époque, notre planète coupe la trajectoire de la comète et des poussières que celle-ci a abandonnées au cours des âges. L'essaim montre

parfois des pics d'activité lorsque la Terre traverse une traîne plus dense de débris. Ce fut le cas, par exemple, en 1934, 1986 et 1994. La période de la comète est d'environ deux mille ans



*La comète Kiess observée en 1911 par William Hoegner and Nikolaus B. Richter*



*Ci-dessus, à gauche : comptage des météores depuis le sol et en altitude (source IMO).*

*A droite : observation des radio-météores par I. Yrjola en Finlande. Ci-dessous, des Aurigides vues depuis une altitude de 15,6km (Photo : Jason Hatton, ESA/ESTEC),*





***Brillante Aurigide observée depuis  
l'observatoire de Lick (Photo : Franck  
Marchis, SETI/UC Berkeley/IMCCE)***

et son passage précédent a eu lieu autour de 83 avant notre ère. Les divers courants de particules correspondent aux poussières éjectées lors des passages antérieurs et peuvent donc dater de plusieurs millénaires. Cette année, les astronomes avaient prévu que nous passerions dans les débris d'il y a deux mille ans et, de toute évidence, ils ne se sont pas trompés. De jolis bolides ont été observés. En radio, où les observations peuvent être faites aussi bien de jour que de nuit, l'activité a pu être suivie même de chez nous.

L'Institut de Mécanique Céleste de Paris (IMCCE) a développé un modèle tenant compte de l'ensemble des perturbations non gravitationnelles exercées sur les poussières cométaires. L'observation de cette pluie d'étoiles filantes était importante car, étant donné la très grande période de la comète Kiess, on peut supposer qu'elle est relative-

ment peu usée par ses passages près du Soleil et donc être encore composée de matière primordiale peu transformée. Cette hypothèse est confortée par les rapports d'observateurs de pluies précédentes décrivant des teintes vertes inhabituelles. Comme la pluie de 2007 n'aura pas d'équivalent avant 2040, Peter Jenniskens (SETI Institute) avait décidé d'organiser une campagne d'observation spéciale. Le radiant des Aurigides étant bas et la Lune présente, il a été décidé d'observer depuis un avion.

Les premiers résultats sont encourageants, la pluie a eu lieu environ 20 minutes avant l'heure prévue ce qui s'explique aisément car l'orbite de la comète est mal connue (nous n'avons pas d'observations depuis 1911). Il y avait une vingtaine d'observateurs dans les deux avions Gulfstream GV qui volaient à 300 km l'un de l'autre pour réaliser des observations simultanées. L'essentiel des observations s'est fait avec des caméras vidéo comme pour les occultations stellaires par des objets du système solaire. Un des problèmes

pour la détermination des courants de météoroïdes est la qualité des orbites. Les deux avions idéalement placés vont permettre de calculer les orbites de toutes les poussières tombées entre eux. On pourra ainsi ajuster l'orbite de la comète Kiess. Pour la première fois la qualité du modèle de l'IMCCE va permettre de revenir aux paramètres orbitaux d'une comète, de remonter plus loin dans le temps et de préciser son histoire dynamique : capture, résonances.

Le comptage des météores a été effectué visuellement depuis les avions et le sol. Les résultats bruts montrent l'intérêt d'observer en altitude, car on a plus de quatre fois plus de détections.

En plus des orbites et du comptage de météores une vingtaine de spectres de météores ont été obtenus. Ces observations rares sont d'autant plus intéressantes qu'une première réduction a montré la faiblesse de la raie habituelle du sodium couramment observée pour d'autres pluies. Cela se remarque aussi facilement par la teinte verte des traînées.

## 6344 P-L

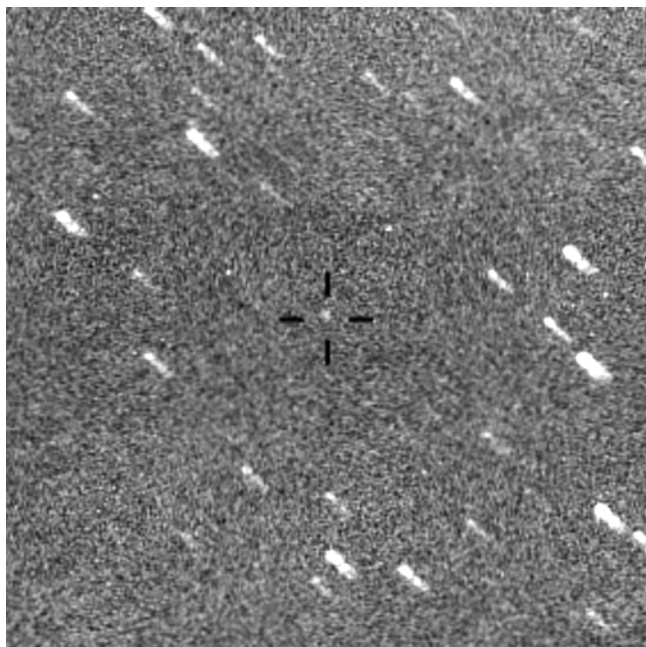
Cet objet, perdu de vue en 1960, a été identifié comme étant le même que 2007 RR9, un astéroïde récemment découvert. C'est un objet potentiellement dangereux, l'un parmi près d'un millier d'astéroïdes de bonne taille (plus de 150 mètres de diamètre) frôlant de temps à autre notre planète. Une analyse soigneuse montre que, techniquement, il s'agit plutôt d'une comète dormante, un fragment d'un objet plus gros qui se serait désintégré dans un passé pas très lointain, donnant lieu à l'essai de météorites des gamma Piscides, actives fin octobre. Si c'est bien le cas, l'astre doit être sombre

et sa taille relativement grande (plus de 500 mètres). S'il venait à heurter la Terre, il libérerait une énergie d'un millier de mégatonnes, assez pour rayer un pays de la carte du monde.

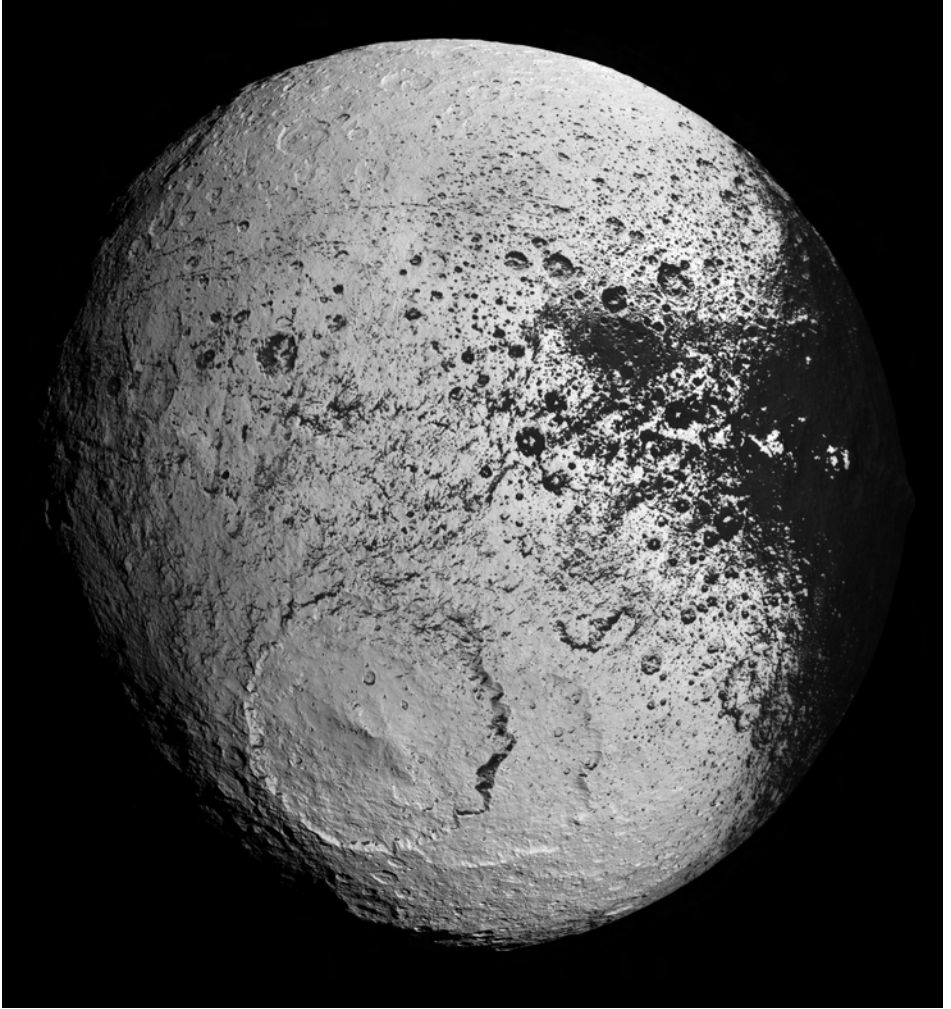
Il faut cependant reconnaître que jusqu'à présent on ne lui a jamais vu la moindre activité de type cométaire. Ce sont les caractéristiques orbitales (mesurées par un paramètre, dit de Tisserand, faisant intervenir les dimensions et l'inclinaison de l'orbite) qui suggèrent un classement de comète « JFC » (Jupiter Family Comet).

6344 P-L passe à une dizaine de millions de kilomètres de nous le 6 novembre. Il est alors visible de l'hémisphère sud comme un petit astre de 18<sup>e</sup> magnitude.

### *La comète ou l'astéroïde 2007 RR9=6344 P-L.*





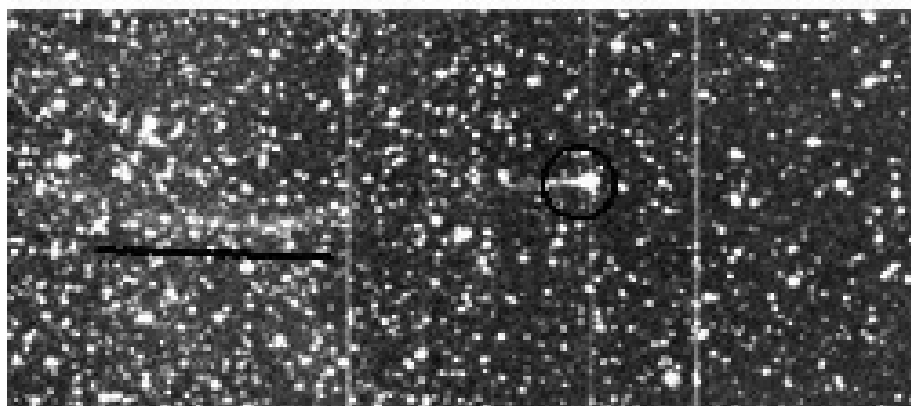
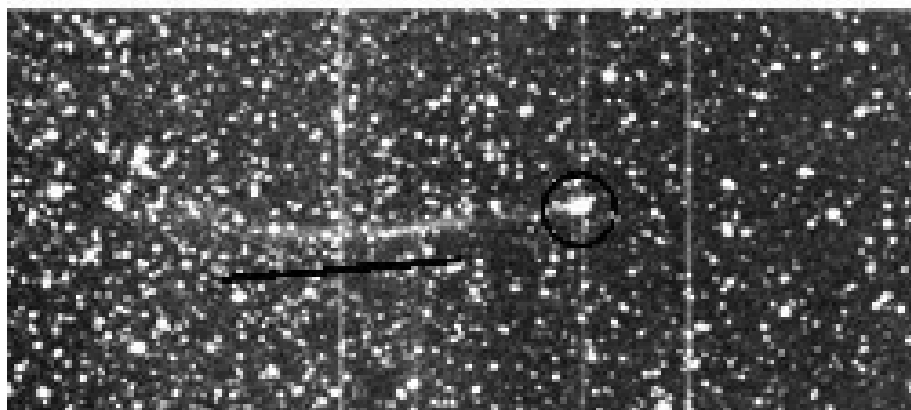
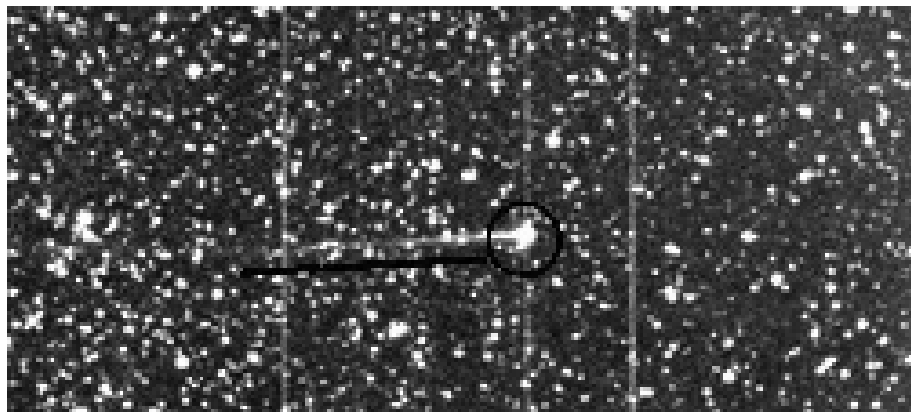


## *Japet*

Japet, la lune de Saturne aux deux visages, a été scrutée de près par Cassini. Outre la dichotomie extrême entre les deux faces, l'une brillante comme la neige, l'autre noire comme le charbon, Japet se distingue par une chaîne de montagnes courant le long de l'équateur, la faisant ressembler à une coquille de noix.

Le voile se lève peu à peu sur ces mystères. Si les astronomes ne connaissent toujours

*L'hémisphère brillant de Japet. Mosaïque d'images obtenues par Cassini depuis une distance de 73 000 km. Cet hémisphère est tourné en permanence vers l'arrière par rapport au mouvement orbital de Japet. On distingue la transition avec l'hémisphère opposé, sombre, du côté droit de l'image. En bas, deux énormes bassins d'impacts de plus de 400 km se recouvrent partiellement, l'un nettement plus ancien. Des taches de matière noire, organique, parsèment les adrets. (© NASA/JPL/Space Science Institute)*



*Extraits d'une série d'images montrant la comète Encke fonçant au travers d'une tempête solaire qui lui arrache la queue (NASA).*

pas avec certitude l'origine de la matière sombre présente d'un côté, ils pensent que la vaporisation de l'eau y est favorisée par une température plus élevée. L'eau se redépose comme glace sur les zones froides, claires, créant ainsi un phénomène qui tend à accentuer la dichotomie.

Il a fallu cependant un autre processus pour lancer le mouvement, peut-être un dépôt de matériaux éjectés de satellites extérieurs.

## ***Encke perd sa queue***

Une tempête solaire arrachant la queue de plasma de la comète Encke, c'est le spectacle exceptionnel qu'a pu observer Stereo, le satellite de la NASA. La tempête était ce que les astronomes appellent une CME (Coronal Mass Ejection).

Les comètes rôdent habituellement dans les étendues glacées et lointaines du système solaire. Leurs orbites les amènent parfois brièvement plus près de nous. A l'approche du Soleil, elles développent alors deux queues, l'une de poussières qui alimente les essaims de météorites, l'autre de plasma, un gaz électrisé.

Les éjections coronales sont le résultat de violentes éruptions envoyant dans l'espace des milliards de tonnes de matière ionisée à des vitesses de centaines ou de milliers de kilomètres par seconde.

Si elles atteignent la Terre ces éjections peuvent provoquer des tempêtes géomagnétiques, perturber les réseaux électriques, les télécommunications, les satellites.

La comète Encke – la comète de plus petite période connue – se trouvait en deçà de l'orbite de Mercure lorsque la CME lui arracha la queue. Ce n'est pas la première fois que l'on observe une telle déconnexion et l'on suspectait une

perturbation magnétique, mais cette interaction entre le gaz solaire et une comète n'avait encore jamais été directement mise en évidence. La séquence d'événements, commençant par une surbrillance de la queue lorsque le front aborde la comète, a été enregistrée par le Heliospheric Imager (HI) du télescope Sun Earth Connection Coronal and Heliospheric Investigation (SECCHI) embarqué par le Solar Terrestrial Relations Observatory (STEREO)-A de la NASA.

Une première analyse des données suggère que la queue a été emportée lorsque des lignes de force du champ magnétique de sens opposés se sont rassemblées violemment en un processus explosif de « reconnexion magnétique ». Un phénomène analogue se passe durant les tempêtes géomagnétiques, donnant lieu, entre autres, aux aurores polaires.

*Image tirée d'une animation de la NASA montrant l'interaction de la comète avec l'éjection coronale.  
(© NASA)*





## Météo de Titan

Multipliant les survols du satellite géant de Saturne, la sonde Cassini permet de construire des images de plus en plus complètes des étendues liquides d'hydrocarbures. Ces mers et ces lacs sont communs dans les régions boréales de Titan, où l'hiver est installé. Le dernier survol, le 37<sup>e</sup>, effectué le 2 octobre, a donné aux astronomes l'occasion de jeter un coup d'œil sur les régions australes et, là aussi, des lacs sont présents.

Outre les lacs, des rivières agrémentent le paysage de cette lune.

Les scientifiques pensent que les lacs de Titan occupent des dépressions laissées par des phénomènes volcaniques ou des effondrements de type karstique, ce qui est également le cas très souvent sur Terre. Ils ne sont pas tous remplis au même degré, ce qui suggère une hydrologie complexe rappelant à nouveau ce qui se passe chez nous.

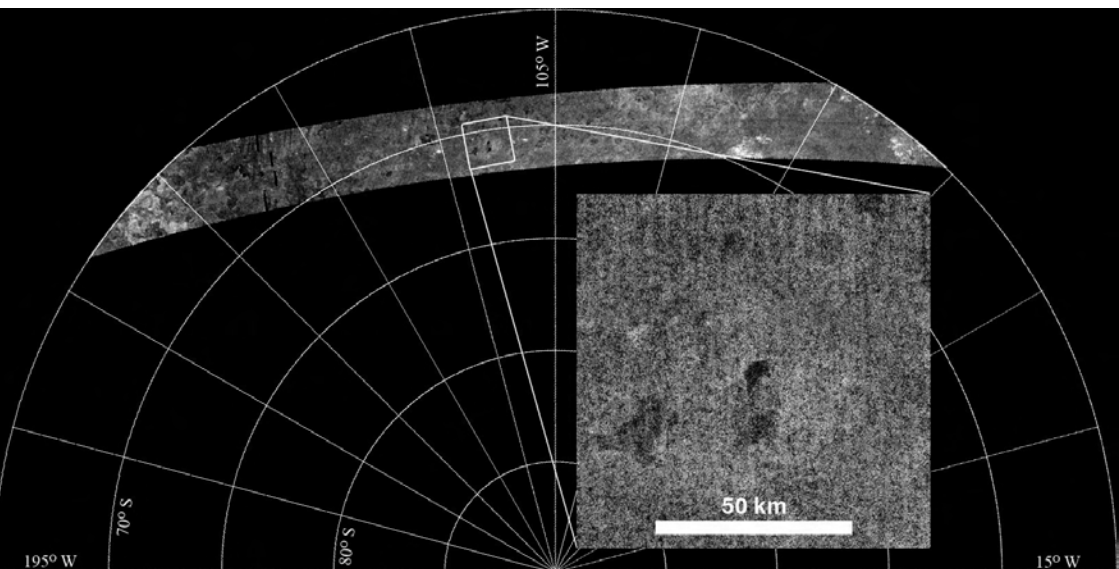
La grande différence avec notre planète vient évidemment des liquides en jeu. La faible température au niveau du système de Saturne ne permet pas la présence d'eau liquide et ce sont des hydrocarbures, au point de

fusion beaucoup plus bas, qui entrent dans le cycle « hydrologique ».

Les observations infrarouges faites depuis le sol avec les télescopes VLT et Keck permettent d'approcher la question de l'hydrologie titanienne sous un autre aspect. En changeant de longueur d'onde on peut pénétrer plus ou moins profondément dans l'atmosphère de méthane. Ces observations menées régulièrement depuis 1996 indiquent ainsi des bruines matinales régulières sur l'ouest de Xanadu, le continent principal de Titan.

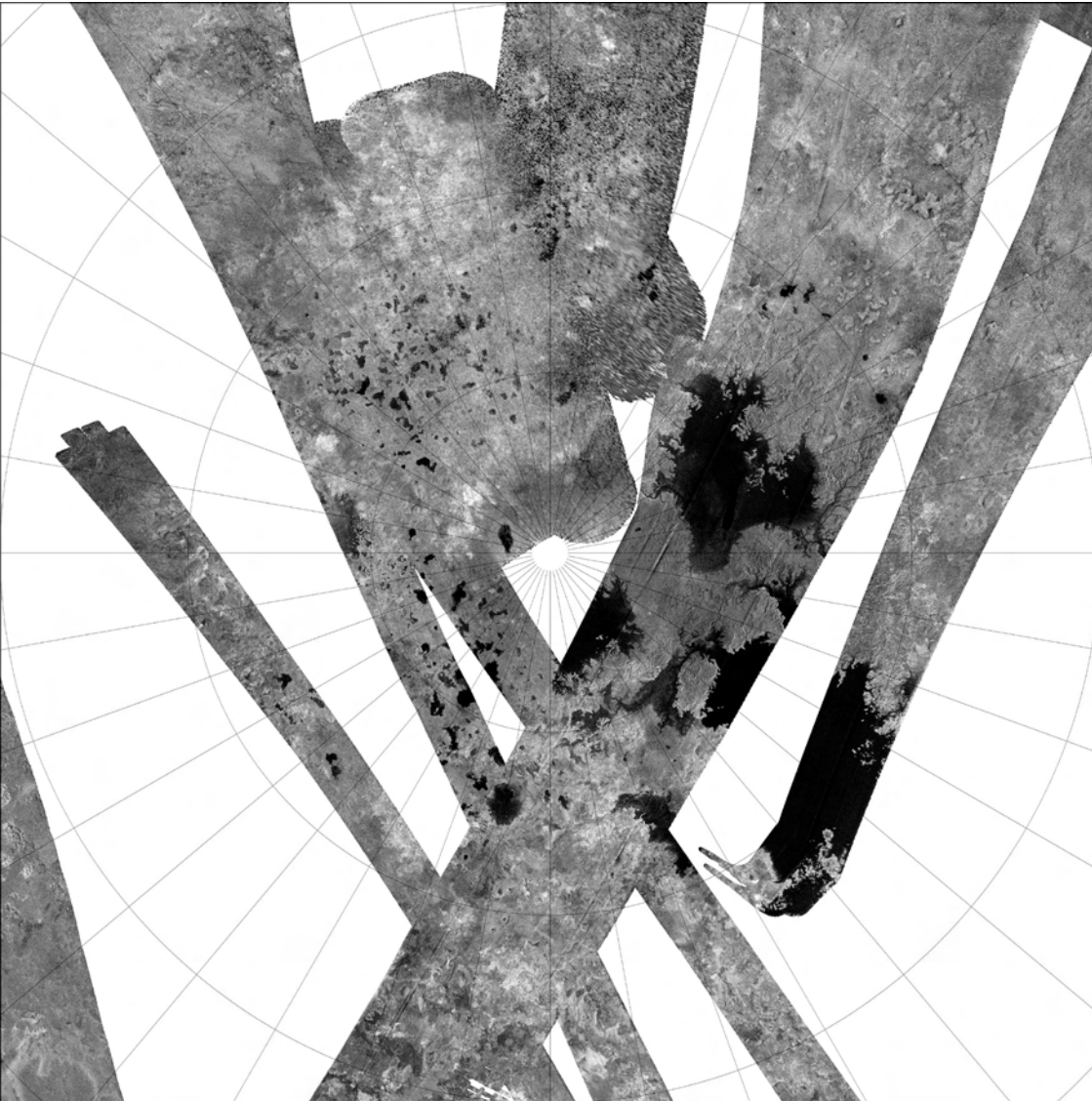
Des nuages de cristaux de méthane avaient été observés dès 2001 par le télescope Keck II à une trentaine de kilomètres au-dessus du pôle sud de Titan. Ensuite ce sont des nuages d'éthane que la sonde Cassini avait découverts. En 2005 l'atterrisseur Huygens confirmait la présence de nuages de méthane et suggérait celle de bruine entre 15 et 25 km d'altitude. Les nouvelles observations indi-

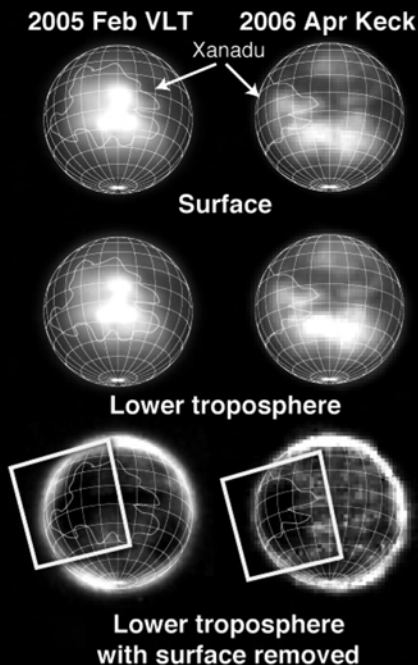
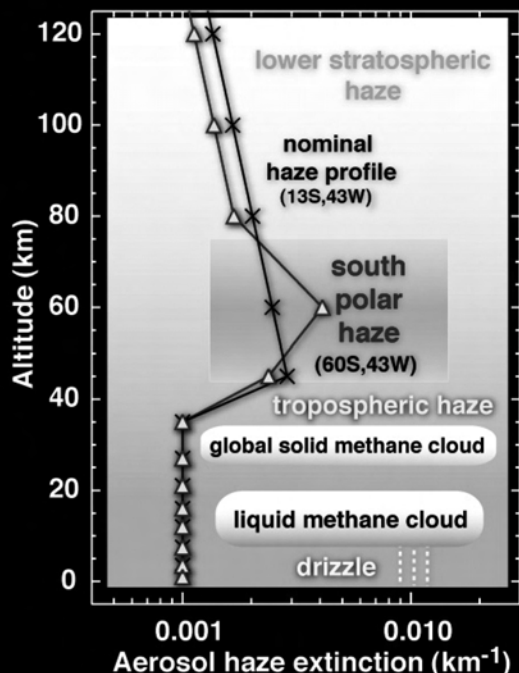
*Les lacs de l'hémisphère sud de Titan observés pour la première fois grâce au radar de Cassini.*  
(© NASA/ JPL/ USGS)



quent un voile général de cirrus de méthane entre 25 et 35 km, tout autour de l'astre, et des nuages de gouttelettes de la même substance dans la tropopause, sous l'altitude de 20 kilomètres. Ces derniers nuages se transforment parfois en pluie à plus basse altitude. Une pluie qui peut arriver jusqu'au sol, ou qui se

***Lacs de l'hémisphère nord de Titan observés par le radar de Cassini. La plus grande étendue liquide visible sur ce document fait plus de 100 000 kilomètres carrés, soit plus que le Lac Supérieur aux USA.***  
(© NASA/ JPL/ USGS)





vaporise avant de le toucher, selon les circonstances. Brumes et crachin tendent à se dissiper au milieu de la matinée, ce qui sur Titan ne prend pas moins de trois jours terrestres, la rotation de Titan se faisant en 16 jours.

### Pluton et son cortège

Près de 30 ans après la découverte du gros satellite de Pluton, Charon, le télescope Keck a permis d'obtenir les meilleures images de Pluton et de ses compagnons, Charon, Nix et Hydra - des images surpassant en qualité celles du télescope spatial Hubble.

Le seeing était excellent le 5 septembre, jour de cette observation. Pluton était à son maximum (près de l'opposition) et l'on venait d'installer de nouveaux senseurs de front d'onde dans le système d'optique adaptative.

La résolution de 0,035 seconde d'arc a ainsi été atteinte, soit pratiquement la valeur limite à la longueur d'onde de 1,6 micron pour une ouverture de dix mètres. 16 images ont été

*Les images de la surface de Titan et de sa troposphère prises avec les télescopes VLT et Keck dans le proche infrarouge peuvent être soustraites les unes des autres pour révéler un voile global de cirrus de méthane (en bas) et des taches de méthane liquide (tache sombre dans la boîte). On interprète ces formations comme des nuages et du crachin tombant le matin sur le continent Xanadu (dont les contours sont indiqués).*

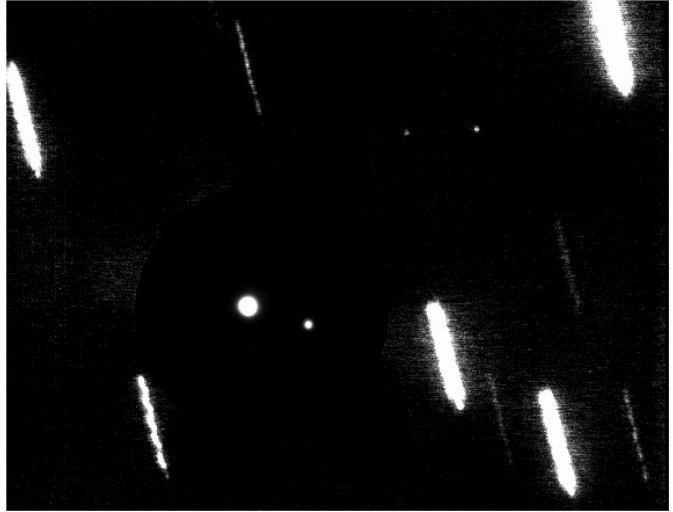
*A gauche on a placé un graphique montrant les aérosols en fonction de l'altitude. En comparant avec une distribution nominale, on voit que la brume (« haze ») est plus dense sur les régions polaires australes.*

(© Máté Ádámkovics/UC Berkeley)

prises durant un intervalle d'une heure. En les combinant on a pu faire apparaître les petits satellites Nix et Hydra découverts en 2005 avec le télescope spatial Hubble.

Les astronomes comptent poursuivre de telles observations dans les années à venir afin de déterminer avec une grande précision

*Les étoiles ont bougé par rapport à Pluton et Charon au cours de l'heure qu'ont duré les observations. Le contraste a été ajusté pour faire apparaître aussi les deux petits satellites qui sont 5 000 fois plus faibles que Pluton.*  
(© David Tholen)



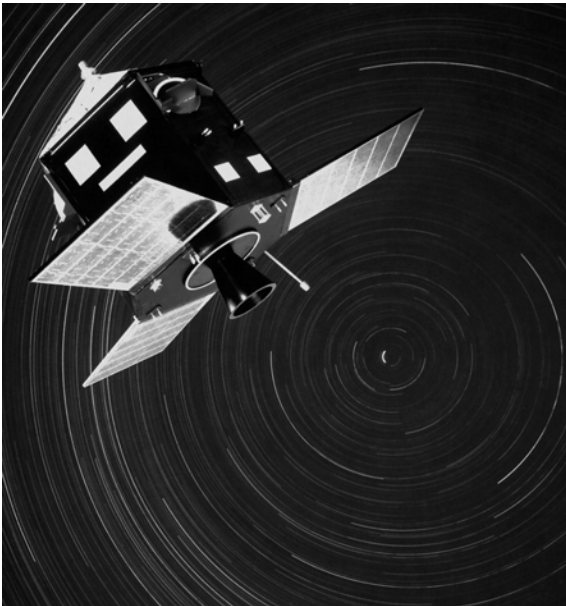
les mouvements des différents satellites et de mesurer ainsi leurs masses. Cela servira aussi à préparer la visite de la sonde New Horizons en 2015, ne serait-ce que pour évaluer au mieux les temps de pose qui seront nécessaires pour photographier avec un bon contraste les petits satellites dont on ne connaît pas encore les dimensions ni la réflectivité,

## *Hipparcos*

Les données du satellite Hipparcos ont été reprocessées afin de corriger des erreurs systématiques dues à des problèmes thermiques. Les distances des étoiles proches sont maintenant connues avec une plus grande précision et des incohérences gênantes ont été levées. En effet, depuis leur publication en 1997, les mesures d'Hipparcos étaient l'objet de nombreuses critiques, les valeurs paraissant anormalement petites par rapport à celles obtenues depuis le sol.

Le nouveau catalogue, de plus de cent mille étoiles, est le plus précis actuellement. Dans la prochaine décennie, l'ESA lancera une autre mission, Gaia, beaucoup plus audacieuse, qui devra mesurer les étoiles jusqu'à des distances bien plus considérables.

*Hipparcos, vue d'artiste*  
(© ESA)





*Le Giant Magellan Telescope utilisera sept éléments de 8 m 40 de diamètre pour simuler un miroir géant. (© GMT/ Carnegie Institution)*

## **GMT**

Le GMT (Giant Magellan Telescope) sera construit à l'observatoire de Las Campanas, au Chili. D'une ouverture effective de plus de 22 mètres, il devrait être fonctionnel en 2016, à peu près au même moment que le TMT (Thirty Meter Telescope).

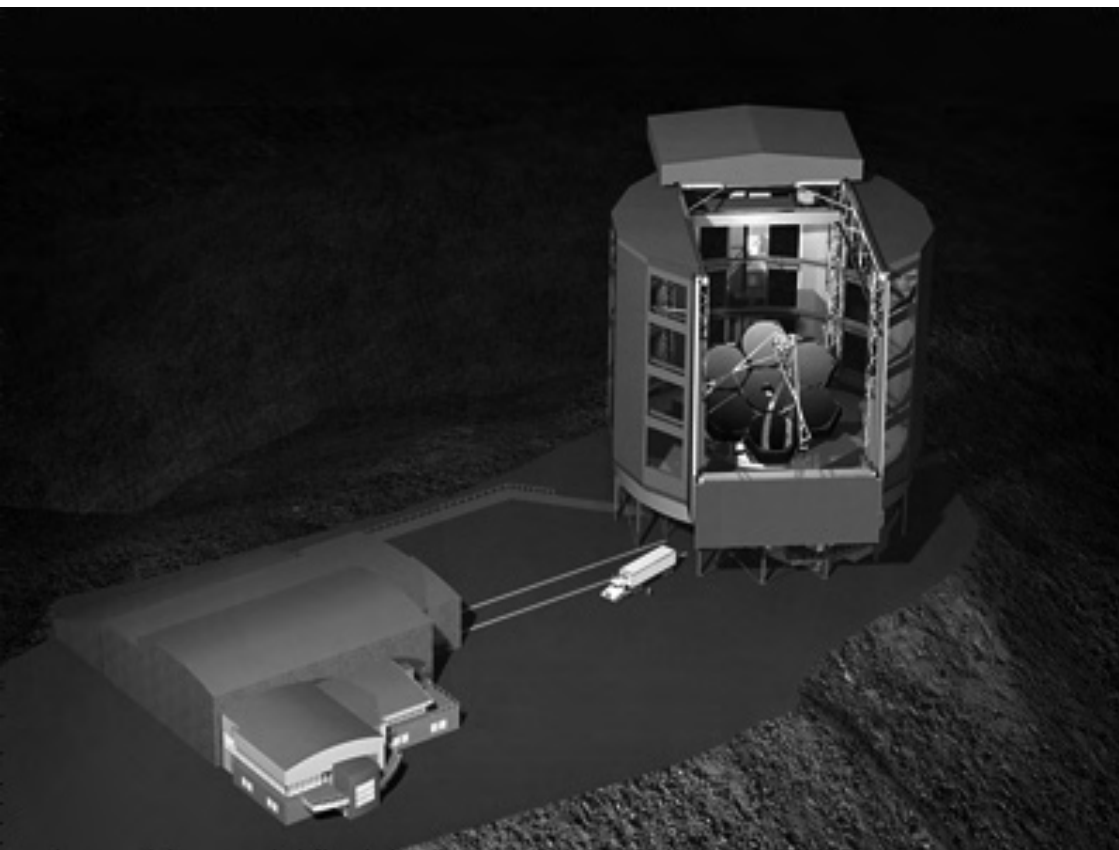
Le GMT comprendra sept miroirs de 8 m 40, l'un au centre et les autres arrangés en pétales. C'est la première fois que l'on réali-



*Au loin, sur une montagne enneigée des Andes, le site de Las Campanas.*







*Vue d'artiste du Giant Magellan Telescope et de ses annexes*  
(© GMT/Carnegie Institution)

sera des miroirs hors-axe aussi grands. Pour tester au plus vite le concept, le premier miroir à avoir été fondu est l'un du pourtour. D'un poids de 18 tonnes, il est maintenant en cours de polissage pour atteindre une précision de 250 nanomètres.

Dès 2013, lorsque les quatre premiers miroirs seront en place, l'ouverture effective du télescope en ferait déjà le plus grand du monde. Mais le TMT et le télescope européen de 42 mètres (Extremely Large Telescope) le talonneront de près, et pourraient l'empêcher de jamais revendiquer le titre.

Des images fixes et des vidéos sont disponibles en <http://www.gmto.org/imagegallery>

## ***Galaxie naine***

Une galaxie naine très éloignée a pu être étudiée grâce à la présence d'une lentille gravitationnelle. Située à six milliards d'années-lumière et ne possédant qu'un pour cent de la masse de notre Voie Lactée, cette naine est beaucoup plus petite que tout ce qui a été étudié à une telle distance.

Les astronomes qui ont réalisé l'étude constatent que cette galaxie ressemble aux naines de l'amas de la Vierge, situé à 60 millions d'années-lumière seulement. Malgré l'éloignement considérable, la nouvelle galaxie naine peut être observée en détail avec le télescope



*Une petite galaxie distante de six milliards d'années-lumière est rendue visible par une lentille gravitationnelle*  
(© NASA, ESA, P. Marshall and T. Treu, University of California, Santa Barbara)

spatial Hubble ou le Keck muni de l'optique adaptative, et surtout grâce à l'interposition de la lentille gravitationnelle sous la forme d'une galaxie massive qui la fait apparaître dix fois plus brillante et dix fois plus grosse.

### ***Galaxies naines primitives***

Les observatoires spatiaux Hubble et Spitzer ont uni leurs forces pour découvrir neuf galaxies parmi les plus petites et les plus lointaines jamais observées. Ne réunissant que la luminosité de quelques millions de soleils, ces galaxies sont des centaines ou des milliers de fois plus petites que notre Voie lactée et évoluent dans un univers âgé d'à peine un milliard d'années.

Les modèles de formation des galaxies prédisent que les petites galaxies s'assemblent à la manière des pièces de LEGO pour former les galaxies massives, mais on n'avait pas pensé en trouver de si petites. Après une première identification par le télescope Hubble qui avait observé des étoiles très bleues dans ces astres, le télescope Spitzer et le VLT de l'ESO ont montré un déficit de rayonnement infrarouge, prouvant ainsi l'absence d'étoiles vieilles (voir images en couverture 3). Les étoiles observées sont jeunes et de première

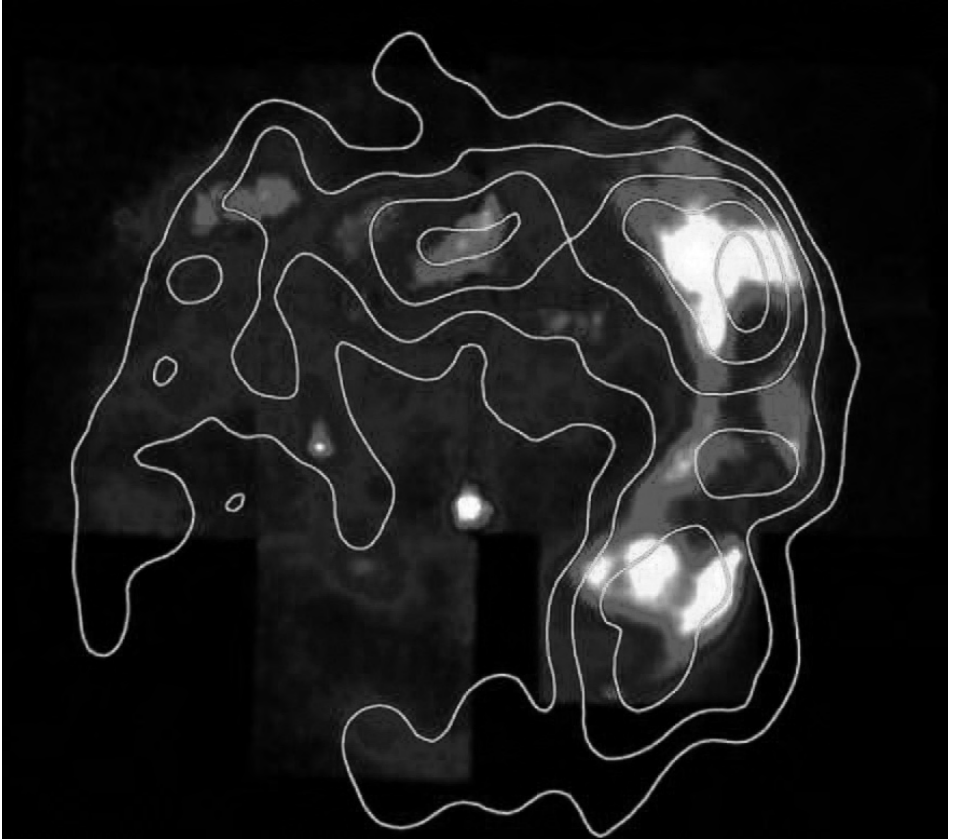
génération, consommant les matériaux primordiaux fabriqués lors du Big Bang, c'est-à-dire essentiellement de l'hydrogène et de l'hélium. Les modèles prévoient que l'évolution de ces étoiles est bien différente

de celle des étoiles de générations ultérieures, qui brûlent des mélanges plus complexes. Leur étude est donc d'une grande importance pour comprendre les premières phases de l'univers.

### ***Rayons cosmiques***

Le cosmos ressemble à un vaste stand de tir pour rayons cosmiques. Découverts en 1912, ceux-ci ne sont pas vraiment des rayons mais des particules subatomiques et des ions qui traversent l'espace en tous sens à des vitesses proches de celle de la lumière, et dont l'énergie est des milliers de fois plus grande que celle fournies par les plus puissants accélérateurs sur Terre. Les rayons cosmiques bombardent inlassablement notre planète, éclatant les molécules de la haute atmosphère, et produisant des cascades de particules secondaires qui parviennent jusqu'à la surface de notre planète.

Depuis les années 60, les scientifiques ont soupçonné les restes de supernovae d'être à l'origine de la plupart des rayons cosmiques. Ces vestiges de supernovae enflent dans l'espace interstellaire, produisant des ondes de choc qui renferment des champs magnétiques



*Cette image obtenue par le satellite X japonais Suzaku montre RXJ1713.7-3946, vestige d'une supernova qui a explosé il y a environ 1600 ans. Les lignes de contour indiquent les zones où le réseau HESS (High Energy Stereoscopic System) traquant les rayons cosmiques a montré les rayons gamma de plus forte intensité. (© JAXA/ Takaaki Tanaka/HESS)*

capables d'accélérer des particules électrisées jusqu'à de très hautes énergies.

L'an passé, des observations réalisées avec le télescope spatial X Chandra avaient suggéré que des électrons étaient accélérés de cette façon dans les restes de la supernova Cassiopeia A.

Maintenant, des astronomes japonais ont pu observer la signature de l'accélération d'électrons par onde de choc et montrer que les champs magnétiques dans les restes de supernovae étaient plus forts que ce que l'on croyait et tout à fait en mesure de produire des rayons cosmiques.

Cette découverte a été le fruit d'une étude de la nébuleuse RXJ1713.7-3946, vestige d'une supernova ancienne et située dans le Scorpion. Les chercheurs ont suivi des sources de rayons X qui s'intensifiaient, puis faiblissaient en moins d'une année. Ainsi un point brillant en juin 2005 était invisible en mai 2006. Des variations X aussi rapides signifient que des particules sont produites dans une petite région, puis s'en échappent.

La stabilité des positions au cours du temps indique une vitesse maximale du choc d'une quinzaine de millions de km/h. Cela suffit aux scientifiques pour déduire la force des champs magnétiques.

Il n'y a qu'un processus connu qui explique les observations de Chandra. Des électrons spiralent le long des lignes de force du champ et perdent leur énergie par rayonnement synchrotron. Pour qu'il y ait de telles variations d'intensité des sources X, les électrons doivent rayonner en présence de champs magnétiques des centaines de fois plus forts que les champs typiques de l'espace interstellaire.

Des observations spectrales réalisées avec le satellite japonais Suzaku indiquent de manière indépendante qu'il y a bien accélération des particules. Elles montrent que les sources sont situées à l'endroit de champs magnétiques très entremêlés, ce qui force les particules à rebondir sans cesse, en accélérant progressivement jusqu'à de très hautes énergies.

*Ces images de Chandra montrent de petites zones du bord de RXJ1713.7-3946. Les petites images de droite montrent les sources apparaissant et disparaissant.*

*(© CXC/Yasunobu Uchiyama/HESS/Nature)*

